

**ЗМІЦНЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ
ДЕРЕВОРІЗАЛЬНИХ ПИЛ МЕТОДОМ ПЛАЗМОВОГО НАНЕСЕННЯ
ЗНОСОСТІЙКИХ СПЛАВІВ****З. С. СІРКО**, кандидат технічних наук**М. Є. НОСОВ, С. М. ОХРІМЕНКО, Д. П. ТОРЧИЛЕВСЬКИЙ,
Є. А. СТАРИШ, В. М. ГРИЦУН***Український державний науково-дослідний інститут «Ресурс»*

E-mail: z.sirko@ukr.net

[https://doi.org/10.31548/dopovidi2\(102\).2023.019](https://doi.org/10.31548/dopovidi2(102).2023.019)

***Анотація.** У статті висвітлені питання, пов'язані із зношенням та затупленням зубів дереворізальних інструментів, що призводить до втрат різальної спроможності інструменту, зниження продуктивності процесу пиляння деревини, якості пиломатеріалів та заготовок, підвищення енергетичних витрат. Показано, що процес зношення дереворізального інструменту досить складний комплекс явищ, які мають між собою взаємозв'язок. Наведені види зношення інструменту та зазначено, що ступінь зношення різальної частини зубів пил та характер зміни їхньої мікрогеометрії залежить від ряду чинників. Розглянуті методи підвищення зносостійкості дереворізальних пил. Показано, що найбільш перспективним є метод зміцнення зубів пил шляхом наплавлення зносостійких сплавів. Приведена методика експериментальних досліджень круглою пилюкою спеціальної конструкції, обумовлені геометричні параметри експериментальних зразків інструменту. Проведені дослідження пил з вставними зубами із сталей Р6М5, 8Х6НФТ, 9ХФ, литого твердого сплаву ВЗКР і твердого металокерамічного сплаву ВК15. Аналіз отриманих результатів показав, що інтенсивність затуплення найменша з використанням сплаву ВЗКР. Наведена характеристика устаткування для наплавлення зносостійких сплавів на зуби пил та технологія їх зміцнення. Випробування пил із зміцненими зубами наплавленим сплавом ВЗКР у виробничих умовах показали високу зносостійкість пил, зростання продуктивності процесу розпилювання, зниження шорсткості оброблювальних поверхонь, зменшення витрат пил у процесі пиляння.*

***Ключові слова:** дереворізальні пили, зміцнення зубів, відновлення геометричних параметрів, зносостійкі сплави, плазмове нанесення*

Постановка проблеми. У процесі пиляння різальна частина зубів внаслідок зношення затуплюється у результаті чого зуби втрачають різальну здатність. Під час збільшення затуплення знижується якість пиломатеріалів та заготовок, зростають затрати енергії на різання

та подачу, зменшується продуктивність устаткування.

Процес зношення дереворізального інструменту – комплекс явищ, що мають складний взаємозв'язок. Розрізняють наступні види зношення [1]:

Сірко З.С., Носов М.Є., Охріменко С.М., Торчилевський Д.П., Стариш Є.А., Грицун В. М.

- механічне зношення – аварійне руйнування різальних елементів;

- теплове зношення – процес руйнування різальних елементів інструменту під впливом високих температур, що виникають під час тертя різця по деревині;

- хімічне зношення – процес, що виникає у результаті взаємодії матеріалу інструмента з хімічними компонентами, що входять до складу деревини та з продуктами її розкладання під дією високих температур, що виникають під час різання;

- електрохімічне та електроерозійне зношення – процес, що протікає під дією електричного струму та електричних іскрових розрядів, що виникають під час різання.

Ступінь зношення різальної частини зубів пил та характер зміни їхньої мікрогеометрії залежить від ряду факторів [2]. Основні із них – фізико-механічні властивості матеріалу пил, геометрія та якість підготовки різальних елементів зубів, фізико-механічні властивості деревини, умови та режими різання.

Методи підвищення стійкості зубів пил діляться на конструктивні та технологічні [3 – 6]. Конструктивні методи визначають ряд найважливіших параметрів різального інструменту на стадії проектування та виготовлення. Технологічні методи досягаються зміцненням поверхневих шарів

інструменту термічним, механічним обробленням, нанесенням зносостійких покриттів, обробленням концентрованими потоками енергії.

Останнім часом значна увага приділяється методу підвищення зносостійкості дереворізальних пил наплавленням литих твердих сплавів [7].

Найбільш перспективним, на наш погляд, є метод зміцнення зубів дереворізальних пил шляхом наплавлення зносостійких сплавів за допомогою плазми на спеціальному устаткуванні з повною автоматизацією технологічних операцій нагрівання зуба, подачі та нагрівання наплавочного прутка та формування наплавленого зуба і дослідження в цьому напрямку викладені у даній статті.

Мета дослідження – підвищення зносостійкості та ефективності використання пил завдяки їх зміцненню методом плазмового нанесення зносостійких сплавів.

Методика дослідження. Для проведення досліджень використовували круглу пилку, що являє собою диск із пазом спеціальної конструкції, в який вставляються змінні зуби, різальна частина яких виготовлена із різноманітних зносостійких матеріалів. Геометричні параметри експериментальних зразків інструменту прийняті наступними:

- діаметр кола різання, мм – 308;
- товщина диска, мм – 3;

Сірко З.С., Носов М.Є., Охріменко С.М., Торчилевський Д.П., Стариш Є.А., Грицун В. М.

- ширина леза різця, мм – 4,1;
- передній кут різання, град. – 20;
- задній кут різання, град. – 15;
- кут тангентального піднутрення, град. – 3;
- кут радіального піднутрення, град. – 1,5;
- висота зуба, мм – 15.

Досліди проводили на зразках із сухої деревини дуба, розмірами 400x200x40 мм за наступних постійних режимних факторів:

- швидкість різання, м/с – 46;
- подача на зуб, мм – 0,1;
- середній кінематичний кут зустрічі, град. – 56.

Для оцінки зношення та затуплення різальних крайок прийняті наступні параметри:

зношення зуба А, радіус заокруглення головної різальної крайки ρ та радіус заокруглення вершини зуба r_B (рис. 1).

Параметри, що характеризують зношення та затуплення різальної частини зуба визначали за допомогою великого інструментального мікроскопу за 50-кратного збільшення.

Результати досліджень. Експериментальні дослідження проводили у лабораторних умовах з використанням експериментальних зразків вставних зубів пили з напаяними пластинками із наплавочного прутка сплаву ВЗКР та із загартованих (твердість 58-62 HRC) сталей Р6М5 та 8Х6НФТ.

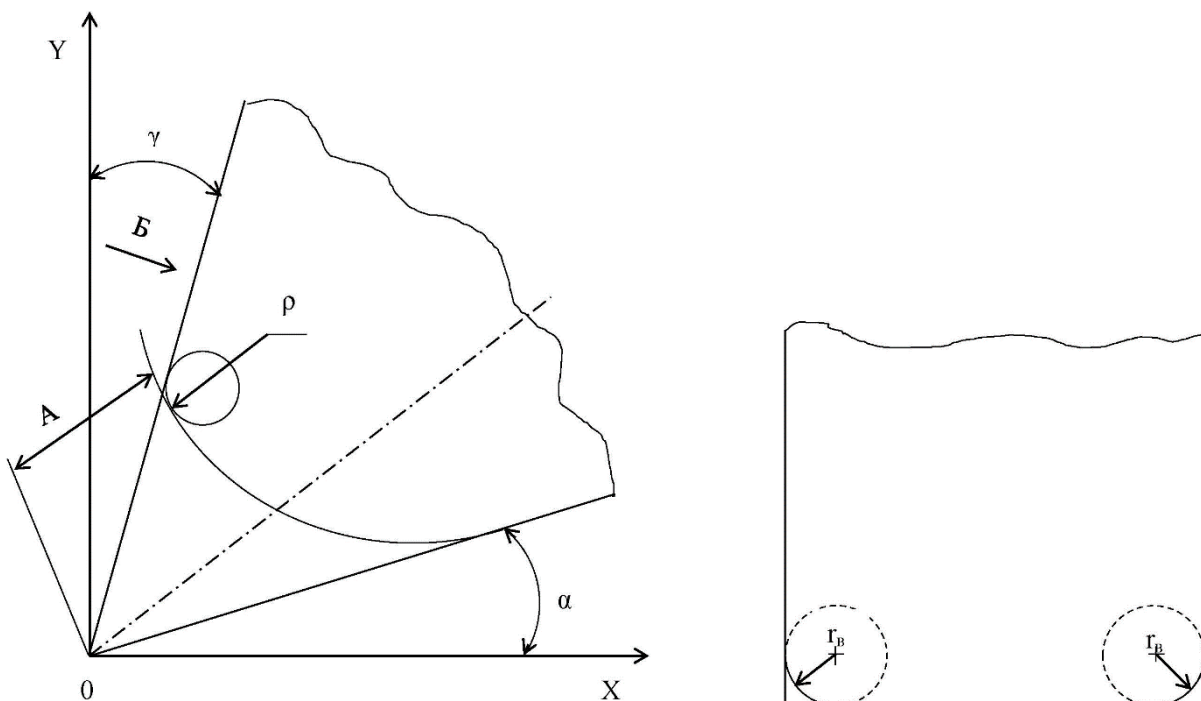


Рис. 1. Параметри зношення та затуплення зуба пили

Використовували також вставні різці, зміцнені порошкоподібним

сплавом ВЗКР, що наносився на спеціальній установці

Сірко З.С., Носов М.Є., Охріменко С.М., Торчилевський Д.П., Стариш Є.А., Грицун В. М.

(газоплазмовим способом за швидкості нанесення біля 600 м/с) в інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України. Для порівняння використовували також вставні зуби із сталі 9ХФ (із полотна рамної пили) та з напаяною пластинкою із твердого сплаву ВК 15. Отримані результати досліджень представлені на рис. 2 та рис. 3.

Аналіз отриманих результатів показав, що радіус заокруглення

головної різальної крайки найменш інтенсивно зростає у різця із твердого сплаву ВК 15. У порівнянні зі сталлю 9Хф інтенсивність його затуплення у 5,8 раза нижча. Різці, що зміцнені сплавом ВЗКР різними методами (надшвидкісного напилення, напаявання) показали однакову інтенсивність затуплення і у порівнянні з різцями із стандартної пили (сталь 9ХФ) затуплюються у 4,3 рази менше.

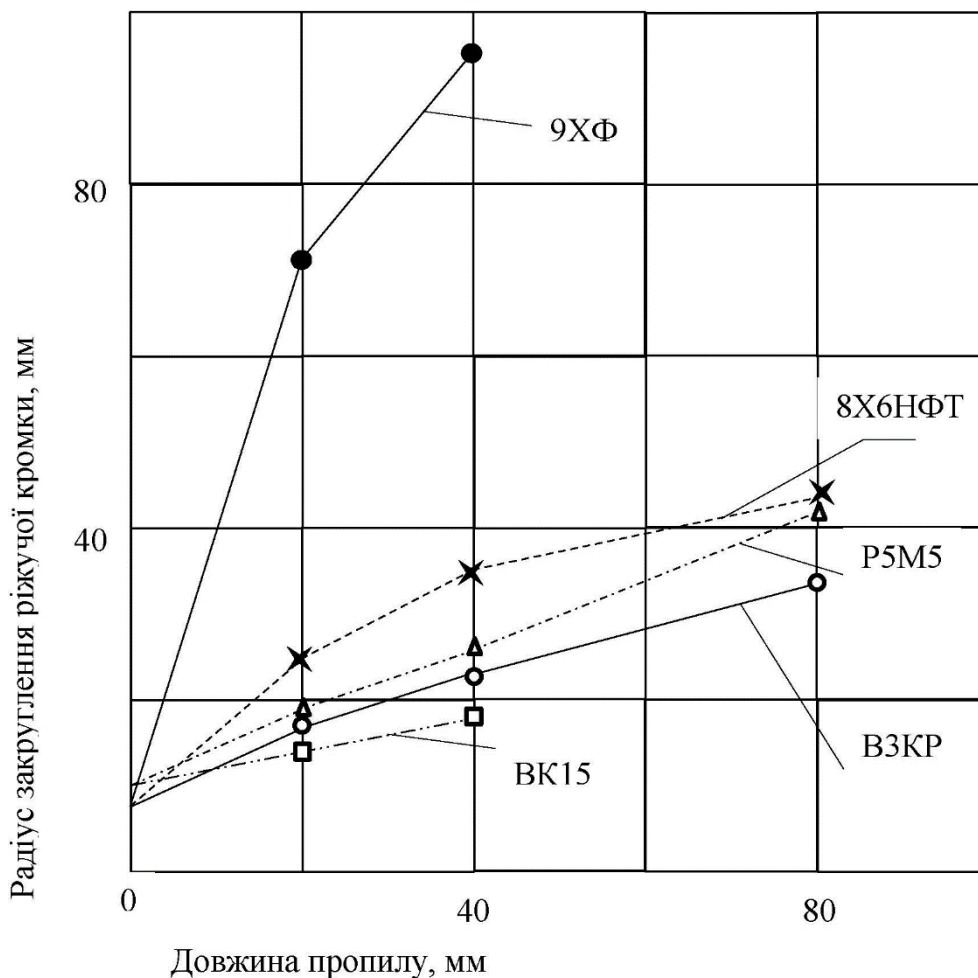


Рис. 2. Графік залежності заокруглення головної різальної крайки різців із різних сплавів від довжини пропилю

Сірко З.С., Носов М.Є., Охріменко С.М., Торчилевський Д.П., Стариш Є.А., Грицун В. М.

Різці з пластинками із сталей Р6М5 та 8Х6НФТ порівняно з різцями із сталі 9ХФ затуплюються менш інтенсивно відповідно у 3,8 та 3,1 рази.

Показники, що характеризують зношення різців (параметри A та r_b) в залежності від довжини пропилу, мають аналогічний характер (Рис. 2).

Таким чином, результати експериментальних досліджень

показали, що для зміцнення зубів пил, які використовують для пиляння деревини, необхідно використовувати сплав ВЗКР, який може наплавлятися різними методами на автоматизованому устаткуванні, забезпечує високу зносостійкість інструменту і є дешевшим, ніж металокерамічні тверді сплави.

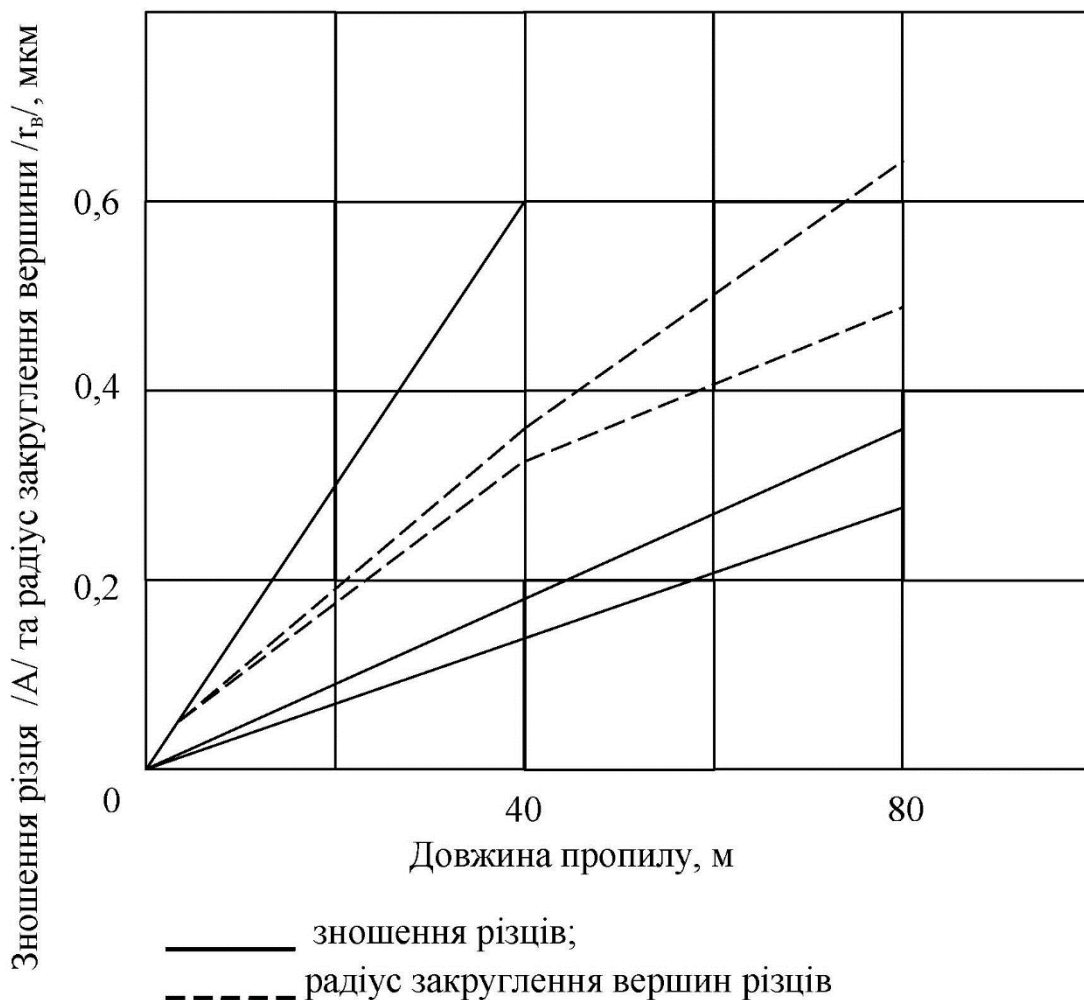


Рис. 3. Графік залежності зношення різців та радіуса заокруглення вершин різців із різних сплавів від довжини пропилу

Технологія зміцнення пил пил до наплавлення, нанесення включає попереднє підготовлення зносостійкого сплаву на вершину зуба

Сірко З.С., Носов М.Є., Охріменко С.М., Торчилевський Д.П., Стариш Є.А., Грицун В. М.

та заточування зубів пил для остаточного підготовки їх до роботи.

Підготовки пил до наплавлення виконували наступним чином. Вершини зубів для наплавлення заточували на глибину 4 мм таким чином, що утворювалися

площадки, перпендикулярні бісектрисі кута загострення зуба.

Наплавлення зубів пил виконували на спеціальному напівавтоматі, сконструйованому та виготовленому в Українському інституті зварювального виробництва (УкрІЗВ). Принципова схема напівавтомата показана на рис. 4.

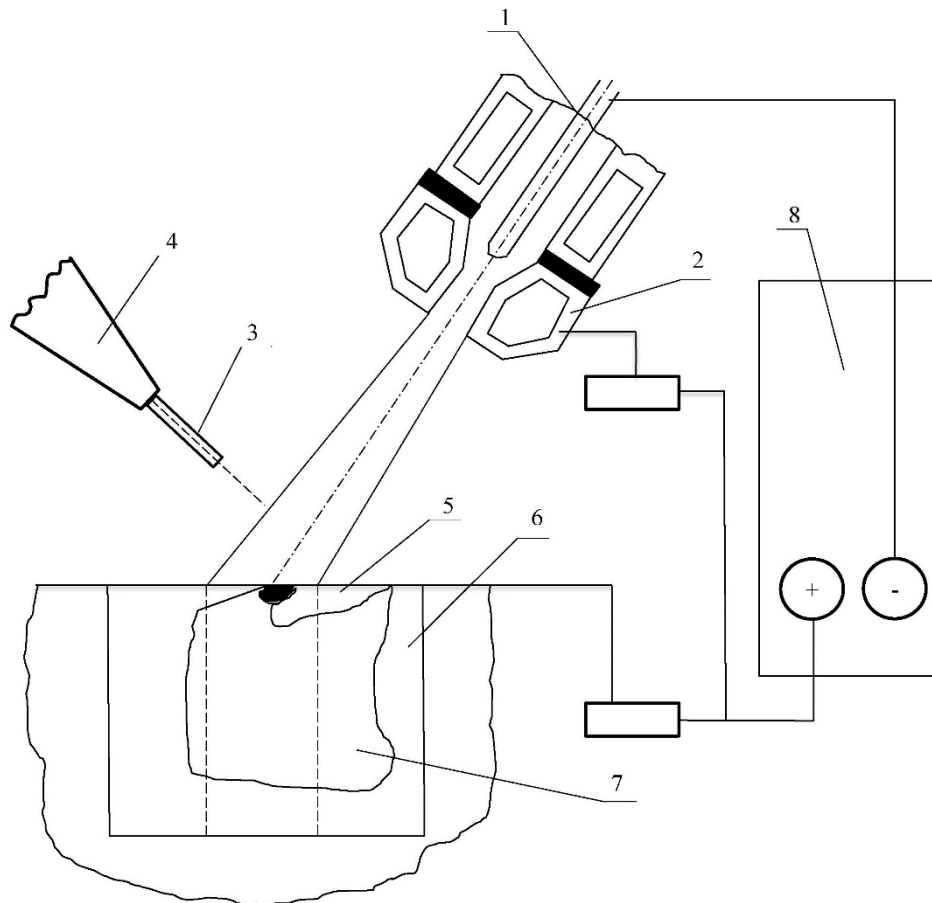


Рис. 4. Принципова схема наплавлення зубів пил прутками із литих твердих сплавів: 1 – електрод; 2 – сопло; 3 – наплавочний пруток; 4 – механізм подачі прутка; 5 – плашки з лункою; 6 – корпус для кріплення плашок з водоохолодженням; 7 – пила; 8 – джерело живлення

Напівавтомат оснащений плазмотроном з дугою прямої дії. Дуга горить між вольфрамовим електродом, що не плавиться та плашками, що охолоджуються водою,

а зуб для наплавлення дещо заглиблений. Плашки над зубом у місці наплавлення мають відкриту лунку, яка за своєю формою відповідає формі наплавленого зуба

Сірко З.С., Носов М.Є., Охріменко С.М., Торчиловський Д.П., Стариш Є.А., Грицун В. М.

(рис. 5). Підведений в зону плазмової дуги пруток для наплавлення плавиться і заповнює лунку.

Нагрівання зуба пили і прутка у напівавтоматі здійснювали плазмовим пальником у інертному

газі (аргоні). Подача прутка на задану (регульовану) довжину виконується автоматично. Після наплавлення зуби пили відпускаються на цьому ж устаткуванні, але в іншому режимі роботи.

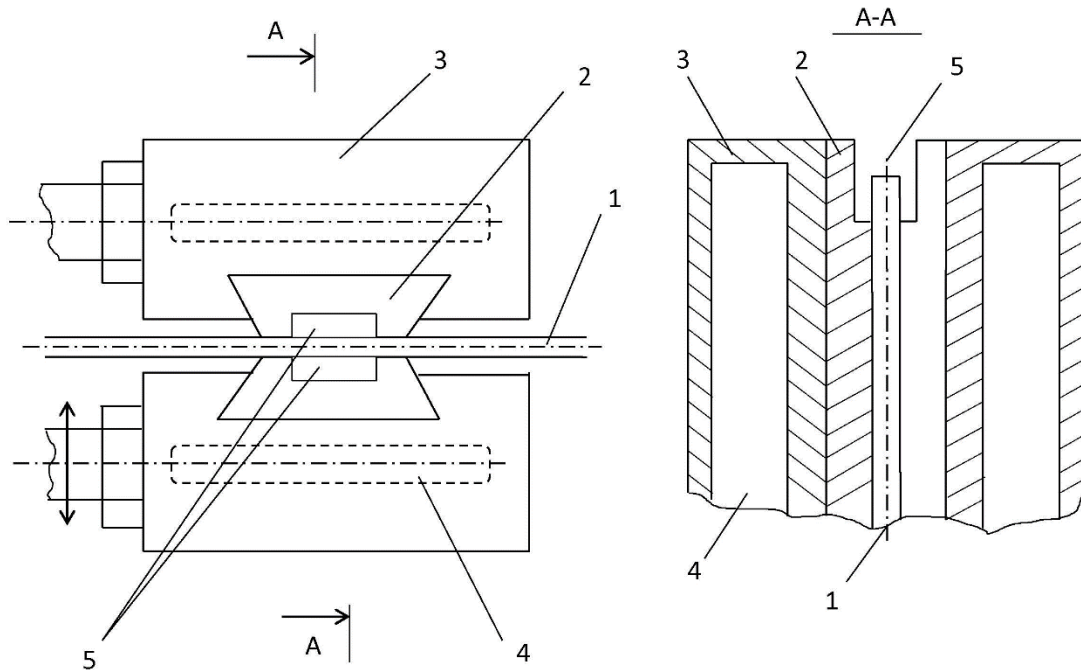


Рис. 5. Схема вузла формування наплавленого стеліту

Дослідження пил у виробничих умовах показали, що пили оснащені сплавом ВЗКР методом плазмового наплавлення, працювали три зміни без перезагострення (пили із легованої сталі 9ХФ працюють 0,5 зміни), а це виключає внутрізмінні заміни пил, зростає продуктивність розпилювання на 8 – 10 %, зменшується шорсткість поверхні у два рази, зростає вихід якісних

пиломатеріалів, зменшуються витрати пил на 30 – 35 %.

Висновки.

1. Проведені дослідження показали, що найбільш перспективним методом зміцнення зубів дереворізальних пил є наплавлення їх зносостійкими сплавами за допомогою плазми на спеціальному устаткуванні з повною автоматизацією технологічних операцій нагрівання зуба, подачі та

Сірко З.С., Носов М.Є., Охріменко С.М., Торчилевський Д.П., Стариш Є.А., Грицун В. М.

нагрівання наплавочного прутка та формування наплавленого зуба.

2. В результаті експериментальних досліджень зношення та затуплення різців із різних матеріалів під час пиляння деревини встановлено, що для зміцнення дереворізальних пил належить використовувати литий сплав ВЗКР, який може наплавлятися різними методами на автоматизованому устаткуванні, забезпечує високу зносостійкість

інструменту і є дешевшим від металокерамічних твердих сплавів.

3. Випробування пил, зуби яких наплавлені сплавом ВЗКР методом плазмового наплавлення, у виробничих умовах показали, що пили працювали три зміни безпере загострення, а це виключає внутрішні заміни пил, зростає продуктивність розпилювання на 8 – 10 %, зменшується шорсткість поверхні у два рази, зростає вихід якісних пиломатеріалів, зменшуються витрати пил на 30 – 35 %.

Список використаних джерел

1. Кірик М.Д. Механічне оброблення деревини та деревних матеріалів. Львів: ТзОВ «Кольорове небо», 2006. 412 с.
2. Кірик М.Д. Інструмент для оброблення деревини та деревних матеріалів. Коломия: ВМЦ Коломийського механіко-технологічного коледжу, 1999. 190 с.
3. Сірко З.С., Д'яконов В.К., винахідники. Зуб із твердого сплаву дискової пилки. Український патент, № 142706, 2020.
4. Сірко З.С., Д'яконов В.К., винахідники. Пристрій для шліфування бокових поверхонь зубів дискових пилок. Український патент, № 138517, 2019.
5. Сірко З.С., Головач В.М., винахідники. Пилковий вузол пересувної лісопиляльної установки. Український патент, № 122758, 2018.
6. Сірко З.С., Д'яконов В.К., винахідники. Стрічкова пилка. Український патент, № 94881, 2014.
7. Мельник В.І. Наплавлення зубів рамних пил твердими сплавами. Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. 1989. № 1. С. 38 – 49.

References

1. Kiryk M.D. Mekhanychne obroblenya ta derevnykh materialiv. Lviv: TzOV «Kolorove nebo», 2006. 412 s.
2. Kiryk M.D. Instrument dlya obroblyanya derevyny ta derevnykh materialiv. Kolomyya: VMTS Kolomyyskogo mekhaniko-tekhnologichnogo koledzhu, 1999. 190 s.
3. Sirko Z.S., Dyakonov V.K., vynakhidnyky. Zub iz tverdogo splavu diskovoi pylky. Ukrainskii patent, № 142706, 2020.
4. Sirko Z.S., Dyakonov V.K., vynakhidnyky. Prystriy dlya shlifuvanya bokovykh poverkhon zubiv diskovykh pylok. Ukrainskii patent, № 138517, 2019.
5. Sirko Z.S., Golovach V.M., vynakhidnyky. Pylkoviy vuzol peresuvnoi lisopylalnoi ustanovky. Ukrainskii patent, № 122758, 2018.
6. Sirko Z.S., Dyakonov V.K., vynakhidnyky. Strichkova pylka. Ukrainskii patent, № 94881, 2014.
7. Melnyk V.I. Naplavlenya zubiv ramnykh pyl tverdymy splavamy. Lisove gospodarstvo, lisova, paperova i derevoobrobna promyslovyst. 1989. № 1. S. 38 – 49.

STRENGTHENING AND RESTORATION OF THE GEOMETRIC PARAMETERS OF WOOD-CUTTING SAWS USING THE METHOD OF PLASMA DEPOSITION OF WEAR-RESISTANT ALLOYS**Z. Sirko, M. Nosov, S. Okhrimenko, D. Torchilevskyi, E. Starysh, V. Hrytsun**

***Abstract.** The article covers the issues related to wear and blunting of the teeth of wood-cutting tools, which leads to the loss of the tool's cutting capacity, a decrease in the productivity of the wood sawing process, the quality of lumber and blanks, and an increase in energy costs. It is shown that the process of wear of a wood-cutting tool is a rather complex complex of interrelated phenomena. The types of wear of the tool are given and it is indicated that the degree of wear of the cutting part of the saw teeth and the nature of the change in their microgeometry depends on a number of factors. Methods of increasing the wear resistance of wood-cutting saws are considered. It is shown that the method of strengthening saw teeth by surfacing wear-resistant alloys is the most promising. The purpose of the research is to increase the wear resistance and efficiency of the use of saws due to their strengthening by the method of plasma application of wear-resistant alloys. The method of experimental research with a circular saw of a special design is presented, the geometric parameters of the experimental samples of the tool are determined. Saws with inserted teeth made of P6M5, 8X6HФТ, 9XΦ steels, cast hard alloy B3KP and hard metal-ceramic alloy BK15 were studied. The analysis of the obtained results showed that the dulling intensity is the lowest with the use of the B3KP alloy. Wear-resistant B3KP alloy can be welded using various methods on automated equipment, provides high wear resistance of the tool and is cheaper than metal-ceramic hard alloys. The characteristics of the equipment for surfacing wear-resistant alloys on saw teeth and the technology of their strengthening are given. Tests of saws with teeth strengthened by B3KP alloy deposited in production conditions showed high wear resistance of saws, increased productivity of the sawing process, reduction of roughness of processing surfaces, and reduction of saw dust consumption in the sawing process.*

***Key words:** wood-cutting saws, strengthening of teeth, restoration of geometric parameters, wear-resistant alloys, plasma coating*